

# LES EAUX SOUTERRAINES

Le Gac H., Dubois P.R.. 1989. Les eaux souterraines. In : Élevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèses cartographiques. Sénégal = Animal husbandry and sahelian pastoral potentialities. Cartographic synthesis. Senegal. CIRAD-IEMVT - FRA. Wageningen : CTA-CIRAD-IEMVT, 11-12. ISBN 2-85985-121-6 ; 2-85985-125-9

## Nature des réservoirs

Deux domaines géologiques distincts existent au Sénégal :

- le bassin sédimentaire qui occupe 80 p. 100 du territoire,
- le socle paléozoïque qui occupe 20 p. 100 du territoire et qui prend la forme d'un triangle au Sud-Est du pays dont la base est la frontière guinéenne.

### Le socle paléozoïque

Il est constitué par trois séries distinctes :

le Précambrien occupe la partie Sud-Est du Sénégal et est constitué par des schistes, des formations volcano-sédimentaires et des granites,

l'Infracambrien constitué de grès et quartzites, est représenté par une bande de 10 km à la base du triangle. Il s'agit des contreforts du massif du Fouta Djallon,

le Cambrien, très étendu, borde à l'Ouest le socle précambrien avec des grès argileux et des pélites plus ou moins métamorphisés.

La tectonique joue un rôle hydrogéologique important dans ces formations. Les principaux axes de fracturation sont orientés N 34 E (fractures de compression faiblement productives) et N 124 E (fractures de distension ouvertes). La qualité de l'eau est correcte.

### Le bassin sédimentaire

Constitué d'un empilement de formations s'épaississant d'est en ouest, il est épais de 6 000 mètres environ à l'Ouest du pays. Les réservoirs aquifères sont dans les formations supérieures et de bas en haut de la série :

le **Maestrichtien**, vaste ensemble sableux azoïque qui repose sur un crétacé inférieur argileux et mal connu. Siège d'une importante nappe captive, il est en général très productif et autorise des débits d'exploitation élevés. La qualité chimique des eaux est bonne à l'exception d'une bande nord-sud axée sur Louga-Fatick-Sokone et en Casamance maritime où la quantité de sels dissous est supérieure à 1,5 g/l ;

l'Eocène est constitué principalement par des formations calcaires et marneuses, avec cependant la possibilité de rencontrer des faciès détritiques sableux à la base de l'étage (Paléocène) et en bordure nord-ouest du bassin. Les réservoirs sont donc multiples, les principaux étant liés à la karstification des calcaires (Paléocène de la région de Dakar-M'Bour et Lutétien de la région de Tivaouane-Louga). La qualité chimique de l'eau est correcte à l'exception de certaines zones dans la région de M'Bour-Diourbel et M'Backé où l'on observe des quantités de sel importantes et des concentrations en fluorures supérieures aux valeurs des normes de potabilité ;

l'Oligo-Mio-Pliocène, autrefois scindé en deux niveaux (l'Oligo-Miocène et le Continental Terminal), est un vaste ensemble argilo-sableux multicouche relativement épais au sud d'une ligne Kaolack-Bakel. Caractérisé par une très grande hétérogénéité dans la sédimentation, il constitue néanmoins un bon aquifère malgré une profondeur de l'eau parfois importante au nord de la Gambie. La qualité chimique de l'eau est en général très correcte. On observe cependant une augmentation de la salinité dans la zone ouest à proximité de la mer ;

le Quaternaire est un réservoir qui présente deux aspects : les formations sableuses dunaires du littoral Nord entre Dakar et Saint-Louis et par ailleurs les dépôts alluvionnaires liés au réseau hydrographique, principalement les fleuves Sénégal, Casamance, Gambie, Sine et Saloum.

Les formations dunaires sont de bonne qualité hydraulique, mais cette nappe est fortement sollicitée par les périmètres agricoles. Une exploitation contrôlée est à prévoir pour cette nappe libre. L'eau est de bonne qualité chimique.

Dans les formations alluvionnaires, le caractère discontinu de la sédimentation autorise la présence de formations sableuses aquifères uniquement sous forme de lentilles. Ces lentilles sont plus nombreuses en amont des vallées, à proximité de la zone de socle, et leurs caractéristiques hydrauliques sont généralement bonnes. La qualité chimique de l'eau est correcte en amont des vallées. En aval, les dernières variations de niveaux marins au Nouakchottien (– 5 000 BP : + 2 m) et Dakarien (– 3 000 BP : + 2 m) ont entraîné un envahissement des deltas par de l'eau salée qui a contaminé les alluvions.

## Exploitation des aquifères

Les possibilités généralement importantes des aquifères ont permis le développement d'une exploitation des points d'eau avec des pompes motorisées. Ainsi, en hydraulique rurale, tous les nouveaux programmes du ministère de l'Hydraulique s'orientent-ils vers des ouvrages du type forage rotary équipé d'une colonne acier et inox au niveau des crépines avec exploitation par une pompe motorisée à axe vertical qui alimente un réservoir tampon en béton armé.

Dans le cadre de ce schéma, on distingue parmi les points d'eau modernes, l'équipement de type B avec un réservoir au sol de 25 à 50 m<sup>3</sup>, l'équipement de type C avec un château d'eau de 50 à 100 m<sup>3</sup> qui alimente un centre secondaire, et l'équipement de type D avec un château d'eau de 100 à 500 m<sup>3</sup> destiné à satisfaire les besoins en eau de plusieurs localités via un réseau d'adduction en conduite PVC enterrée.

Le système de type A correspond aux points d'eau avec exhaure non motorisée, soit avec énergie humaine, soit avec traction animale. Ce système reste bien développé dans trois régions :

- la zone du socle avec un parc important d'environ 150 pompes à main,
- la vallée du fleuve Sénégal où la nappe plus profonde autorise la réalisation de puits filtrants en grand diamètre,
- la zone des calcaires de M'Bour où l'organisation non gouvernementale (ONG) CARITAS a mis en place une quantité non négligeable de pompes à motricité humaine (environ 150 pompes).



en place une quantité non négligeable de pompes à moteur manuelles (environ 100 pompes). Par ailleurs, sur l'ensemble du territoire, des puits traditionnels sont réalisés par des artisans locaux. Ces ouvrages sont généralement peu productifs car ils offrent une faible hauteur d'eau et donc une grande fragilité compte tenu de la baisse généralisée de la nappe phréatique suite à la sécheresse des quinze dernières années.

En zone pastorale, deux types d'ouvrages coexistaient jusqu'à la fin des années soixante. D'un côté, le gros forage pastoral exploité à un débit important par des pompes de 50 à 100 m<sup>3</sup>/h qui alimente de très gros réservoirs (plusieurs centaines de mètres cubes), et de l'autre côté, le puits traditionnel. Compte tenu des problèmes de désertification autour des gros forages pastoraux, de la baisse du niveau de la nappe phréatique et de la multiplication des forages, l'exploitation de la nappe est devenue plus homogène avec des forages plus nombreux (environ une centaine en zone pastorale) exploités par des pompes de débit plus faible (pompe à balancier ou pompe à axe vertical de 10 à 20 m<sup>3</sup>/h). Par ailleurs, compte tenu de la différence de niveau entre la nappe profonde et la nappe phréatique, le forage est souvent relié par une galerie à un contre-puits citerne en béton armé qui assure ainsi un approvisionnement en cas de panne de la pompe.

Dans le cadre de cette politique de l'hydraulique rurale mise en œuvre par les autorités sénégalaises, la maintenance des équipements constitue le point le plus délicat. A l'origine, les quelques gros forages existants étaient pris en charge entièrement par l'État. Devant l'augmentation des frais d'exploitation des ouvrages devenus trop importants pour le budget du ministère de l'Hydraulique, la gestion des points d'eau est maintenant confiée à des comités villageois qui ont en charge la collecte des fonds nécessaires à l'achat du carburant, des lubrifiants et au paiement d'un salaire à un gardien de forage fourni par le ministère de l'Hydraulique. Le budget annuel est de l'ordre de 5 millions de F CFA pour un forage.

En zone pastorale, une expérience de groupement d'intérêt économique (GIE) entre éleveurs a été tentée sur 7 forages pour la gestion des points d'eau. Cette expérience n'a pas été couronnée de succès. Il semble que l'avenir réside dans une sédentarisation plus ou moins grande des pasteurs nomades et une fixation des troupeaux autour des forages.

## **Sécurité des ressources en eau souterraine**

Le territoire sénégalais est divisé en 6 régions climatiques différentes qui peuvent être regroupées en trois zones :

**une zone de climat sahélien** au nord d'une ligne M'Bour-Bakel, avec une pluviométrie comprise entre 300 et 700 mm/an. On y distingue la zone cap-verdienne côtière où l'influence maritime abaisse les températures moyennes par rapport à la zone ferlienne (climat du Ferlo) ;

**une zone de climat sahélo-soudanais** avec une pluviométrie inférieure à 1 200 mm/an et dont la limite Sud suit globalement le parallèle 13 °N. On observe une influence maritime à l'Ouest au niveau de la zone saloumienne par rapport à la zone du Boundou de caractère continental ;

**une zone de climat soudanais** avec une forte pluviométrie, surtout au niveau de la Basse-Casamance au climat marin s'opposant à la zone du Fouladou plus à l'est.

Dans ce contexte, la recharge des aquifères est très différente du Nord au Sud du pays. Les études récentes montrent que, dans la zone de climat sahélien, la recharge par infiltration directe est quasi nulle. On distinguera cependant la bande côtière où les coefficients d'infiltration ont été estimés entre 1 et 3 p. 100 dans les modèles de simulation des comportements des nappes de la presqu'île du Cap-Vert et du littoral Nord. Par contre, il faut parfois admettre que l'évapotranspiration autorise en saison sèche, un prélèvement direct sur les réserves de la nappe quand cette dernière n'est pas trop profonde.

La zone pastorale du Ferlo est caractérisée par l'existence de nappes en creux. Ce phénomène très particulier, avec des niveaux piézométriques plus bas que la cote - 40 m, est assez mal expliqué. De multiples causes sont retenues : variations du niveau marin et du climat pendant le Quaternaire, cause géologique (karstification de calcaires sous-jacents), effet de l'évapotranspiration.

Il semble que la seule recharge efficace de la nappe profonde ait lieu au niveau du fleuve Sénégal, principalement dans la région entre Matam et Bakel où les formations tertiaires sont constituées uniquement par des sables éocènes à l'affleurement dans le lit mineur du fleuve et reposant directement sur le Maestrichtien. A cet égard, on soulignera l'importance des crues qui inondaient les dépressions et marigots du lit majeur du fleuve.

Au Sud, dans les zones de climat sahélo-soudanais et soudanais, l'infiltration directe constitue la recharge principale. Cette recharge est effective dans la mesure où la pluviométrie est suffisante et la nappe pas trop profonde, la limite étant constituée par les couples de valeurs suivantes :

- 600 mm/an pour une profondeur de 17 m,
- 1 500 mm/an pour une profondeur de 25 m.

Par ailleurs, le bassin du fleuve Gambie joue un rôle très important pour la réalimentation des nappes de l'Oligo-Mio-Pliocène au Sud et au Nord. Par contre, l'aquifère profond Maestrichtien ne semble pas réalimenté dans cette région et ce, à cause du jeu de la tectonique cassante qui aurait isolé cet aquifère de la surface. Ainsi, l'exploitation des eaux souterraines se fait-elle principalement au détriment des réservoirs des nappes. Ceci est particulièrement vrai dans la zone du Cap-Vert où les calculs montrent que sur le total des débits prélevés égal à 1,1 m<sup>3</sup>/s, le débit prélevé par l'abaissement de la piézométrie est voisin de 1 m<sup>3</sup>/s.

Dans la zone pastorale du Ferlo, on observe une baisse moyenne de la piézométrie égale à 17 cm/an. Compte tenu du caractère de plus en plus diffus des prélèvements, cette situation ne pose pas de problème aujourd'hui. Cependant, on estime que la baisse de niveau deviendra pénalisante dans 300 ans et ce, si la situation climatique n'évolue pas.



1. **Artis H., Fohlen D.** – Rapport d'exécution des forages du département de Louga. Programme Spécial de l'Hydraulique – Volet Louga – Kolda Ziguinchor. Dakar, Ministère de l'Hydraulique/ Direction de l'Hydraulique rurale, 1987. (Rapport BRGM 87 DAK 15 Eau).
2. **Audibert M., Poul X., Vuillaume Y.** – Nappe profonde du Sénégal (nappe maestrichtienne). Interprétation des observations périodiques de 1967 à 1970. Interprétation des analyses isotopiques. Fonctionnement hydraulique du système. Dakar, Direction de l'Énergie et de l'hydraulique, 1971. (Rapport BRGM 71 RME 035).
3. **BRGM** – Étude géochimique des eaux souterraines de l'Afrique de l'Ouest. Nappe des "sables maestrichtiens" du Sénégal. Ouagadougou, CIEH, 1967. (Rapport BRGM DAK 67 A12).
4. **BRGM** – Notice explicative et carte de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique sahélienne. 1975.
5. **Conie J.-P., Mauroux B.** – Hydraulique villageoise dans le Nord Sénégal. Dakar, Ministère de l'Hydraulique, 1982. (Rapport BRGM – SONED 82 AGE 039).
6. **Dassibat C., Mermillod J., Gouzes R.** – Étude hydrogéologique en vue du développement pastoral dans le Ferlo et la région du lac de Guiers (Sénégal). Dakar, Direction de l'Élevage et des industries animales, 1969. (Rapport BRGM 69 DAK 6).
7. **Degallier R.** – Hydrogéologie du Ferlo septentrional. Dakar, BRGM, 1962. (BRGM n° 19).
8. **Depagne J.** – Les nappes déprimées d'Afrique Occidentale. *In* : Réunion de Hannover, 1965. AIH, 1967. Pp. 273-276 (t.7).
9. **Depagne J., Moussu H.** – Notice explicative et carte hydrogéologique au 1/500 000 et hydrochimique au 1/1 000 000<sup>e</sup> du Sénégal. Dakar, BRGM, 1967. (Archives Direction de l'Énergie et de l'hydraulique).
10. **Dieng B., Le Priol J.** – Synthèse hydrogéologique du Sénégal 1984/1985. Dakar, Division Hydrogéologie, Direction des Études hydrauliques, 1985. (Rapport n° 01/85/MH/DEH).
11. **Diluca C.** – Étude hydrogéologique du Continental Terminal entre le Sine et la Gambie. Dakar, Ministère du Développement rural et de l'hydraulique, 1976. (Rapport de synthèse BRGM 76 DAK 02).
12. **Diluca J., Fohlen D.** – Premier programme d'hydraulique villageoise et pastorale de la CEAO au Sénégal. Compte rendu de fin de travaux de forages au marteau fond de trou. Dakar, Direction de l'Hydraulique rurale, Ministère de l'Hydraulique/Ouagadougou, CEAO, 1988. (Rapport BRGM).

## OGRAPHIE

- 13. Friot D.** – Rapport sur l'analyse chimique des eaux des forages profonds. Convention n° 20/C/66/A budget FAC. Dakar. IEMVT/LNERV, Ministère du Développement rural, 1966.
- 14. Fohlen D., Plote H.** – Étude d'Avant-Projet du Programme d'hydraulique villageoise et pastorale de la CEAO au Sénégal. Dakar, DHUR/Ouagadougou, CEAO, 1982. (Rapport BRGM 82 AGE 035).
- 15. Fohlen D., Le Gac H.** – Évaluation technique et financière du deuxième programme CEAO d'hydraulique villageoise et pastorale. Ouagadougou, CEAO, 1987. (Rapport BRGM 87 DAK 02 EAU).
- 16. Gouzes R.** – Étude hydrogéologique de la Casamance (Sénégal). Dakar, Ministère des Travaux Publics, de l'Habitat et de l'Urbanisme, 1961. (Rapport BRGM).
- 17. Gouzes R., Louvrier M., Martin A.** – Étude hydrochimique d'orientation agricole des nappes du bassin sédimentaire sénégalais. Nappe profonde "maastrichtienne", nappes phréatiques. Dakar, Ministère du Développement rural, 1973. Rapport BRGM 73 RME 018 AF).
- 18. Le Gac H., Artis H., Fohlen D.** – Premier programme d'hydraulique villageoise et pastorale de la CEAO au Sénégal. Compte rendu de fin de travaux de forages profonds avec contre-puits. Dakar, Direction de l'Hydraulique rurale, Ministère de l'Hydraulique/Ouagadougou, CEAO, 1988. (Rapport BRGM).
- 19. Martin A.** – Les nappes de la presqu'île du Cap-Vert. Leur utilisation pour l'alimentation en eau de Dakar. Orléans, Publication du BRGM. 1970.
- 20. Moussu H., Conie J.-P., Jourde M.** – Projet de structure de maintenance et de moyens d'exhaure des ouvrages d'hydraulique rurale. 3 vol. – Projet Nord Sénégal. Dakar, Direction de l'Énergie et de l'hydraulique, Ministère de l'Hydraulique. 1981. (Rapport BRGM 81 AGE 010).
- 21. Napias J.-C.** – Hydrogéologie de la Moyenne et Haute Casamance (Sénégal). Dakar. Direction de l'Énergie et de l'hydraulique, 1967. (Rapport BRGM DAK 67 A 11).
- 22. Noël Y.** – Étude hydrogéologique des calcaires lutétiens entre Bambey et Louga – Phase 2 (Sénégal). Dakar. Direction de l'Énergie et de l'hydraulique, Ministère du Développement rural et hydraulique, 1978. (Rapport BRGM 78 DAK 02).
- 23. Pitaud G.** – Étude hydrogéologique des calcaires paléocènes de la région de M'bour. Dakar, Direction de l'Énergie et de l'hydraulique, Ministère de l'hydraulique, 1980.
- 24. Pitaud G.** – Synthèse des études hydrauliques, état des ressources en eau en 1983 – Dakar, Direction de l'Énergie et de l'hydraulique, Ministère de l'Hydraulique, 1983.